

УДК 519.87:664.696-02.465

DOI: 10.15587/1729-4061.2019.170461

Розробка рецептури екструдованих продуктів на основі зерна цукрової кукурудзи та визначення їх показників якості

Н. А. Дзюба, О. В. Буняк, С. М. Соц, І. Р. Біленька

Розроблені рецептури екструдованих продуктів на основі зерна цукрової кукурудзи, голозерного ячменю, коренеплодів моркви, кореню солодки та гідролізату колагена.

Визначено фізико-хімічні показники (намокаємість, перетравлювальність, мікроструктура) отриманих екструдатів, представлено апаратурно-технологічну схему виробництва, проведено аналіз таких показників як намокання та перетравлюваність. Дослідження складу мікронутрієнтів показало, що споживання 100 г паличок «Кукурудзянка» задовольняє потреби людини в вітамінах А та В₆ на 76,62 та 75,76 % відповідно, а «Кукурудзянка+» на 80 та 79,25 %. З отриманих даних можна побачити, що при збільшенні температури та рН середовища здатність до намокання розроблених паличок підвищується в середньому на 14...15 %.

Дослідженнями in vitro встановлено, що розроблені продукти мають досить високий ступінь засвоюваності, який сягає майже 85 %.

Отримані дані дослідження якісних показників показали, що при зберіганні протягом 6 місяців при температурі (15±5) °С вологістю 70–75 % в поліпропіленовій упаковці, вміст санітарно-показових мікроорганізмів відповідає санітарно-гігієнічним вимогам до сухих сніданків.

Розроблені продукти мають високий вміст білкових речовин, що є досить важливо з точки зору забезпечення потреб організму сучасної людини. Споживання 100 г паличок забезпечить організм людини незамінними амінокислотами в загальному майже на 24,1 %. Представлені в дослідженні продукти відрізняються досить високим вмістом основних, необхідних для організму людини мікронутрієнтів, а саме кальцію, фосфору та калію.

Розроблені екструдати можуть бути рекомендовані для вживання підлітками, дітьми, дієтичному харчуванні, та споживання інших верств населення

Ключові слова: математичне моделювання, показники якості, кукурудзяна крупа, екструдовані продукти, білок, колаген, зберігання, переробка зерна

1. Вступ

Відомо, що здоров'я людини залежить від основних чинників: на 50 % людського чинника з них харчування складає 40 %, фізичне навантаження – 10 %, психічний стан – 8 %), антропогенного стану – 25 %. Соціально-педагогічний показник впливає на здоров'я майже на 30 % [1]

Статистика ВООЗ така, що умовно-здоровими можна вважати лише 20 % дорослого населення. Ще стільки ж перебувають в стані передхвороби, а 22 %

мають більше двох хронічних захворювань, у решти 38 % організм знаходиться в стані виснаження, при якому він не може самостійно протистояти хворобі. Серед дітей тільки 2 % з усіх випускників шкіл можна вважати абсолютно здоровими [2].

Сучасне харчування не відповідає основним принципам здорового харчування і дієтології. У раціоні сучасної людини багато хлібобулочних виробів, картоплі та мало основних джерел повноцінного білка (м'ясних, рибних та молочних продуктів), клітковини, мікронутрієнтів (овочі, фрукти, горіхи тощо) [3, 4]. Результати досліджень фактичного стану харчування населення в різних регіонах світу свідчать про те, що структура харчування і харчовий статус як дитячого, так і дорослого населення характеризується серйозними порушеннями. Серед них дефіцит повноцінних (тваринних) білків, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, макро- і мікроелементів, харчових волокон. І, навпаки, спостерігається надлишкове споживання тваринних жирів і легкозасвоюваних вуглеводів [3]. Спостерігається дефіцит споживання більшості вітамінів і мікроелементів, харчових волокон, які є необхідними для організму людини [3, 5–7]. При цьому розповсюдженість ожиріння серед людей віком старше 45 років становить 52 %, надмірної ваги тіла – 33 % [3].

До пріоритетних напрямків сучасної науки належать організація здорового харчування, створення продуктів харчування з метою профілактики аліментарних захворювань. Для цього проводять інформатизацію щодо здорового харчування серед населення за допомогою комунікаційних ресурсів.

В останні роки, при вирішенні проблеми забезпечення населення раціональним харчуванням усе більшого значення набуває виробництво низькокалорійних продуктів оздоровчого призначення [8–10]. Як відомо, продукти здорового харчування повинні містити в достатній та збалансованій кількості різноманітні інгредієнти. Білки, жири, вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни та інші біологічно активні компоненти проявляють специфічну фізіологічну активність, яка доповнює сенсорні та поживні властивості продуктів [9, 10].

Тому актуальним є підвищення харчової та біологічної цінності екструдованих продуктів, що може бути досягнуто шляхом збагачення їх білковими речовинами. Це дозволить знизити рівень білкової недостатності серед різних верств населення.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Продукти функціонального харчування розглядаються не тільки як джерела пластичних речовин та енергії, але й як складний немедикаментозний комплекс, що забезпечує достовірний лікувально-профілактичний ефект. Місце продуктів функціонального харчування визначається як проміжне між продуктами загального вжитку, тобто таких, що входять до раціону основних груп населення, та продуктами лікувального харчування [11–13].

Одна з ознак дефіциту найважливіших нутрієнтів є поява білих плям на нігтях. Білок є будівельним матеріалом для всіх структур організму. При його дефіциті розвиваються деструктивні процеси в кістках, суглобах, нігтях, м'язах

та інших системах організму. Білковий дефіцит впливає і на стан роботи імунної системи, пригнічуючи її роботу.

Рекомендована добова норма білка, яка визначається фізіологічною потребою організму, складає для дорослої людини 75...80 г, при цьому співвідношення рослинного і тваринного білка в раціоні повинно бути приблизно 1:1 [14]. Необхідність поєднання білків рослинного і тваринного походження в щоденному раціоні харчування зумовлено їх різною біологічною цінністю. Тваринні білки (м'ясо, молоко, риба) характеризуються високими показниками біологічної цінності, разом з тим рослинні білки значно лімітовані по ряду амінокислот. Для білків пшениці основними лімітованими амінокислотами є лізин і треонін, білків кукурудзи – лізин і триптофан [14]. До того ж, вміст білка в зернових не достатній. Крім того, зернові продукти відрізняються невисоким вмістом вітамінів, зокрема, жиророзчинних, а також ліпідів, мінеральних речовин, клітковини. В зв'язку з цим велике значення має комбінування виробів з зернових із сировиною рослинного і тваринного походження, яка багата білками, а також може бути джерелом інших необхідних елементів харчування. В якості білкових збагачувачів зернових продуктів використовують м'ясо, субпродукти, рибу, молочні продукти і продукти їх переробки та ін.

Сьогодні в світі широкої популярності набули продукти швидкого приготування, та ті що не потребують приготування, а саме сухі сніданки, снеки, мюслі та ін. Їх виготовляють за допомогою екструзії.

З метою підвищення харчової й біологічної цінності, а також для покращення органолептичних показників до складу екструдованих продуктів додають білкові добавки тваринного походження [15, 16]. Новим напрямком в технології термопластичної екструзії є поєднання білків рибної сировини і різноманітної рослинної сировини (зерно, овочі, фрукти).

Екструзія харчових продуктів є відносно новою технологією для харчової промисловості. Її використовують з метою отримання великої кількості продуктів різного розміру, форми, текстури та смаку [17]. Екструзію використовують для отримання продуктів швидкого харчування, сухих сніданків, хлібних крихт, хлібних снеків, печива, макаронних виробів, дитячого харчування, сухих супів, сумішей сухих напоїв і т.д. [18]. Функціональні властивості екструдованих харчових продуктів відіграють важливу роль для їх прийнятності, які включають водопоглинання, розчинність у воді, показники абсорбції олії, індекс розширення, насипну щільність і в'язкість тіста.

Екструзію також використовують для збереження вмісту антиоксидантів і кольорових властивостей екструдованих продуктів, отриманих з пурпурової картоплі і жовтого борошна гороху з використанням двошнекового екструдера [19]. Загальний вміст антоціанів у екструдатах становив 0,116–0,228 мг зразка сухої маси мальвідин-3-глюкозидів/г. У порівнянні з їх сировинними рецептурами, значні втрати становили від 60 % до 70 %. Індeksi коричневого кольору, такі як яскравість, колір і кут відтінку, узгоджені з деградацією антоціанів у пресованих продуктах.

Було досліджено зміну біодоступності каротиноїдів моркви та кукурудзяного зерна під час екструзійної обробки [20]. Крім того, до і після процесу екструзії досліджували вміст фенолів, антиоксидантну активність, вміст β -каротину і лютеїну. Біодоступність *in vitro* β -каротину і лютеїну збільшується шляхом екструзії. Екструзія знижувала антиоксидантну активність, загальний вміст фенольних речовин, β -каротину і лютеїну.

Відома технологія отримання м'ясо-рослинних екструдованих продуктів, де в якості м'ясної сировини використовували вторинну м'ясну сировину – субпродукти (легені, рубець, селезінка, серце, нирки та ін), масу механічної дообвалки кісток худоби та птиці, плазму крові. В якості рослинної сировини виступали борошно кукурудзяне і пшеничне, крупу гречану і вівсяну [21]. Однак не було досліджено вплив вибраної сировини на якісні та санітарно-показові показники при зберіганні.

Запропонована рецептура і технологія отримання риборослинних кріпсів. Рибна основа сухих сніданків була представлена сухою масою з тушок ставриди, хека та путасу, попередньо розроблених і висушених способом сублімаційної сушки. Іншими компонентами були кукурудзяна крупа, рослинна олія, цукрова пудра, екстракт чаю, сіль. В результаті отримали масу з морожених тушок риби, висушеного філе (фарш) ставриди, хека, путасу, з додаванням кукурудзяної крупи, рослинної олії, цукрової пудри, таніно-катехінового комплексу, лимонної кислоти, вітаміну С, кухонної солі, ароматизаторів. У всіх розроблених екструдатах співвідношення білків, жирів і вуглеводів було близьким до оптимального [22]. Використання олії призводить до прогоркання її при тривалому зберіганні, і смакові показники втрачаються вже через три місяці зберігання в картонній упаковці. Однак сучасні виробники віддають перевагу поліпропіленовій упаковці, тому необхідним було б проведення дослідження щодо зберігання якості показників готової продукції в даній упаковці.

Розроблено технологію отримання екструдованих продуктів на основі риборослинної сировини [23]. В якості основних компонентів використовували крупи: кукурудзяну, рисову, горохову, а також висушену масу з малоцінної риби, в якості допоміжних інгредієнтів використовували цукор, сіль, лимонну кислоту, ванілін, корицю та ін. Встановлено, що рибний компонент (6...10 %) в якості білкового наповнювача підвищує харчові властивості продукту. Використання цукру є не найкращим, особливо для людей хворих на цукровий діабет, тому доцільним було б розробити продукт, що містить натуральні замісники цукору.

В роботі [24] пропонується екструдований закусочний продукт на зерновій основі, збагачений гідролізатом м'яса малоцінної риби – плотви. Введення даної добавки дозволить підвищити харчову цінність готових виробів та розширити асортимент риборослинних екструдованих продуктів.

Запатентовано спосіб виробництва зернового продукту з начинкою [25], до складу якої входить сухе молоко, підсолоджуюча речовина і жир. Введення запропонованих добавок дозволило отримати продукт з покращеними органолептичними показниками і підвищеною харчовою цінністю [25].

Високий вміст жиру незбалансований з іншими макронутрієнтами негативно впливає на сенсорні показники готового продукту, що не було проаналізовано в данному дослідженні.

Запропоновано спосіб екструдування молочно-рослинної суміші на основі молочного білка і борошна з зернових [26]. Продукт характеризувався високою водо- і жирутримуючою здатністю, біологічною цінністю та високим ступенем засвоєння організмом людини. Однак вчені не дослідили важливий показник динаміки намокання готового продукту, що впливає на його здатність до відновлення та товарні показники.

З метою підвищення біологічної цінності екструдованих продуктів до їх складу запропоновано вводити водорозчинні молочно-білкові концентрати [27]. В якості джерела білку використовували казеїнати, які одержували шляхом осаджування з пастеризованого молока казеїну, промиванням, пресуванням і обробкою розчинами гідрооксидів лужних металів або їх солей з подальшим сушінням. Однак в роботі [27] не проведено моделювання рецептури, щодо вмісту молочного білка, який може викликати алергічні реакції.

Розроблено новий продукт типу «подушечки», отриманий за допомогою екструдування [28]. В якості джерела білку та стабілізатору оболонки використовували фарш з мінтаю та насіння льону. В роботі приводиться аналіз технологічних параметрів для отримання напівфабрикату для виробництва екструдованого продукту типу «подушечки». Показано, що введення гідробіонтів до складу суміші суттєво впливає на реологічні показники чим скорочує час на екструдування. В даній розробці використовували досить насичену олією сировину (насіння льону), що призводить до скорочення терміну зберігання, через окисні процеси. Але не була досліджена динаміка змін жирнокислотного числа в залежності від умов зберігання.

Хвороби хрящів: артрити і артрози суглобів, руйнування міжхребцевих дисків в хребті є розповсюдженим хронічними захворюваннями в світі. Сучасні лікарські засоби в основному спрямовані переважно на зменшення болю і підвищення рухливості суглобів. В останні роки поряд з традиційною фармакотерапією розвивається поліфармацевтика і біофармацевтика. Клінічна нутриціологія представляє одне з нових напрямків біофармацевтики. Широке поширення набули нутріцевтичні препарати, що містять гідролізат колагену, глюкозамін, хондроїтін сульфат, гіалуронову кислоту, вітамін С та інші речовини. В даний час промислово оброблені гідробіонти являють собою джерело білка високої біологічної цінності, який за структурою нагадує тваринний.

Таким чином, проводяться дослідження з використання у складі екструдованих зернових продуктів різних видів добавок тваринного та рослинного походження, а також м'яса гідробіонтів з метою розширення асортименту продуктів функціонального призначення та підвищеної харчової і біологічної цінності. Тому є перспективним розширення асортименту екструдованої продукції за рахунок надання їй збалансованості, підвищенню вмісту білка за рахунок введення до рецептури гідролізатів рибного колагену. Важливо зазначити, що гідролізат колагену не є вторинним продуктом

переробки гідробіонтів – він отримується шляхом гідролізу з вторинної сировини.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є розробка рецептури кукурудзяних паличок зі збалансованим білково-вуглеводним вмістом та аналіз їх якісних показників.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- розробити рецептури та визначити оптимальний рівень варіювання масової частки рецептурних компонентів;
- дослідити нутрієнтний склад отриманих кукурудзяних паличок;
- дослідити фізико-хімічні та фізіолого-гігієнічні показники отриманих продуктів;
- визначити умови та терміни зберігання отриманих екструдатів.

4. Матеріали і методи розробки кукурудзяних паличок

Дослідження проводилися на базі сучасних наукових лабораторій:

- консалтингова лабораторія здорового харчування;
- проблемна науково-дослідницька лабораторія комплексної переробки рослинної сировини в харчові ті кормові продукти;
- науково-дослідницька лабораторія оцінки якості зерна і хлібопродуктів;
- науково-дослідницька лабораторія мікробіологічних досліджень ім. А. О. Кириленко.

Для виготовлення кукурудзяних паличок використовували наступне устаткування:

- екструдер лабораторний (РЕ, Німеччина), дробарка лабораторна, електричні ваги (Rotex RSK 10-P, Китай);
- для визначення ступеню перетравлювальності: прилад для визначення перетравлювальності *in vitro* – спектрофотометр (V-1100D, Китай); млин лабораторний.

Для проведення дослідження використовували наступну сировину: кукурудзу цукрову (ГОСТ 6002), ячмінь (ДСТУ 3769), моркву (ДСТУ 7035:2009), корінь солодки (ГОСТ 22839-88), гідролізат колагену [29].

Оптимізацію рецептури екструдатів проводили за основними показниками нутрієнтного складу за допомогою математичного моделювання [30]. Реалізація математичного моделювання рецептур була проведена за допомогою лінійного програмування з використанням редактора MS Excel 2010 [30, 31].

Аналіз кукурудзяних паличок на наявність мікотоксинів (афлатоксини B1, зеараленон, дезоксиніваленон) проводили за допомогою тест-системи Veratox. Робота тест-системи заснована на імуноферментному методі, в основі якого лежить приєднання до антитіл ферментної мітки, що дозволяє враховувати результат реакції антиген – антитіло з виявлення ферментативної активності або по зміні її рівня [11]. Тест є прямим імуноферментним (ELISA – enzyme linked immunosorbent assay) методом, що забезпечує точне визначення при утриманні мікотоксинів на рівні декількох мкг/кг (ppb) [11].

Сенсорний аналіз проводився методом профілювання за допомогою розробленої бальної шкали згідно з ГОСТ ISO 6658: 2005.

Визначення мікрорельєфу кукурудзяних паличок проводили методом прямого визначення розмірів повітряних карманів за допомогою програми АМСар з подальшою фотографією в програмі Bandicam Фотозйомку вели в світлі при збільшенні в 25 раз.

Визначення якісних показників кукурудзяних паличок під час зберігання проводили в лабораторних умовах в поліпропіленовій упаковці при кімнатній температурі повітря (+15...20 °С) і вологості повітря 70...75 %.

Мікробіологічні показники визначали: МАФAM – за ГОСТ 10444.15, бактерії групи кишкової палички – за ГОСТ 30726-2001, *Staphylococcus aureus* – за ГОСТ 10444.2., патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду *Salmonella* досліджували за ДСТУ IDF 122С:2003, дріжджі та плісняві гриби – за ГОСТ 10444.12, *S. aureus* – ГОСТ 30347-97. Дослідження проводили за методиками, описаними в [32].

5. Результати дослідження показників якості кукурудзяних паличок

5. 1. Оптимізація рецептур кукурудзяних паличок

При розробці композиційного складу кукурудзяних паличок було приділено значну увагу нутрієнтному складу сировини, його зміні при технологічній обробці та збалансованості. В основу поставлена задача розробити та провести оптимізацію рецептури для виробництва зернового продукту, в якій шляхом введення додаткового компонента та злакового компонента забезпечити підвищення харчової і біологічної цінності готового продукту, а також розширення асортименту.

Використання крупи із зерна цукрової кукурудзи, яка містить багато вуглеводів (цукрів), що дозволяє уникнути використання цукру та цукрової пудри при виготовленні продукту. Зерно зрілої цукрової кукурудзи містить невелику кількість крохмалю (25–37 %), але багато водорозчинних полісахаридів (19–31 %). Білків міститься більше, ніж у крохмалистих підвидах кукурудзи (14,2–16,1 % на суху речовину). Цукрова кукурудза також містить (у мг %) 11,6–13,7 вітаміну С; 0,16 вітаміну В₁ (тіамін); 0,11–0,12 вітаміну В₂ (рибофлавін); 1,97–2,25 вітаміну В₅ (ніацин), а також вітаміни В₃ (пантотенова кислота), В₆ (піридоксин), інозит, холін, біотин, вітамін Е і провітамін А (каротин).

Солодка (лакриця) містить вітаміни, мінерали та інші біологічно активні сполуки. Солодку застосовують у харчовій промисловості, як підсолоджувач природного походження. У складі солодки (лакриці) міститься велика кількість природних амінокислот, полісахаридів, ефірних олій, а також смол і дубильних речовин. Введення до складу екструдованого зернового продукту розмеленого кореню солодки сприяє підвищенню споживних властивостей готового продукту, а саме, надає йому солодкий смак, а також збагачує його вітамінами (В₁, В₂, В₆, В₉, РР, бета-каротин, вітамін А та вітамін Е), макроелементами (фосфор, кальцій, магній, натрій, калій) та мікроелементами (залізо, йод,

марганець, фтор та ін.). Але введення солодки більш ніж 4% призводить до негативного впливу на організм людини, так як дана рослина є лікарською.

Введення до складу екструдованого зернового продукту крупи, виробленої із зерна голозерного ячменю, сприяє підвищенню споживних властивостей, збагачує продукт мікроелементами. У голозерному ячмені багато β -глюкану, що сприяє очищенню організму від холестерину, шлаків і токсинів, а також має загальнозміцнюючу та імуностимулюючу дію, також в даному злаку містяться комплекс вітаміну E+, магнію+, омега-3 жири.

Попередні досліді показали, що при введенні збагачувальних добавок посилює процес деструкції основних біополімерів, що в свою чергу веде до підвищення ферментативної атакованості крохмалю. Підвищується засвоюваність білкових речовин, та активізація їх розщеплення протеолітичними ферментами.

Метою оптимізації рецептур нових екструдованих продуктів стало визначення оптимального їх співвідношення таким чином, щоб співвідношення білку до вуглеводів становив 1:3,0...5,0 при максимальному вмісті білка.

Обмеження за вмістом компонентів для розробки нових видів кукурудзяних паличок представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Обмеження на рецептурний вміст (г на 100 г готового продукту)

Рецептурний компонент	Вміст в композиції паличок «Кукурудзянка», г		Вміст в композиції паличок «Кукурудзянка+», г	
	Мінімальне	Максимальне	Мінімальне	Максимальне
Крупа з цукрової кукурудзи	70	80	60	80
Крупа з голозерного ячменю	15	25	10	20
Корінь солодки	1	2,5	1	3
Морква бланшована	2	5	2	5
Гідролізат колагену	—	—	5	10

Оформлення розрахунків в MS Excel наведено на рис. 1. Оптимізацію рецептур проводили в програмі «Поиск решений» (у оригіналі Excel Solver) – додаткова надбудова табличного процесора MS Excel, яка призначена для вирішення певних систем рівнянь, лінійних та нелінійних завдань оптимізації. Для того, щоб вирішити задачу ЛП в табличному редакторі Microsoft Excel, необхідно виконати наступні дії [31]:

1. Ввести умову задачі:

а) створити екранну форму для введення умови задачі: змінних; цільової функції (ЦФ); обмежень; граничних умов;

б) ввести вихідні дані в екранну форму: коефіцієнти ЦФ; коефіцієнти при змінних в обмеженнях; праві частини обмежень;

с) ввести залежності з математичної моделі в екранну форму: формулу для розрахунку ЦФ; формули для розрахунку значень лівих частин обмежень;

д) задати ЦФ (у вікні "Поиск решения"): цільову комірку; напрям оптимізації ЦФ;

е) ввести обмеження і граничні умови (у вікні "Поиск решения"): комірки із значеннями змінних; граничні умови для допустимих значень змінних; співвідношення між правими і лівими частинами обмежень.

2. Вирішити задачу:

а) встановити параметри рішення задачі (у вікні "Поиск решения");

б) запустити завдання на рішення (у вікні "Поиск решения");

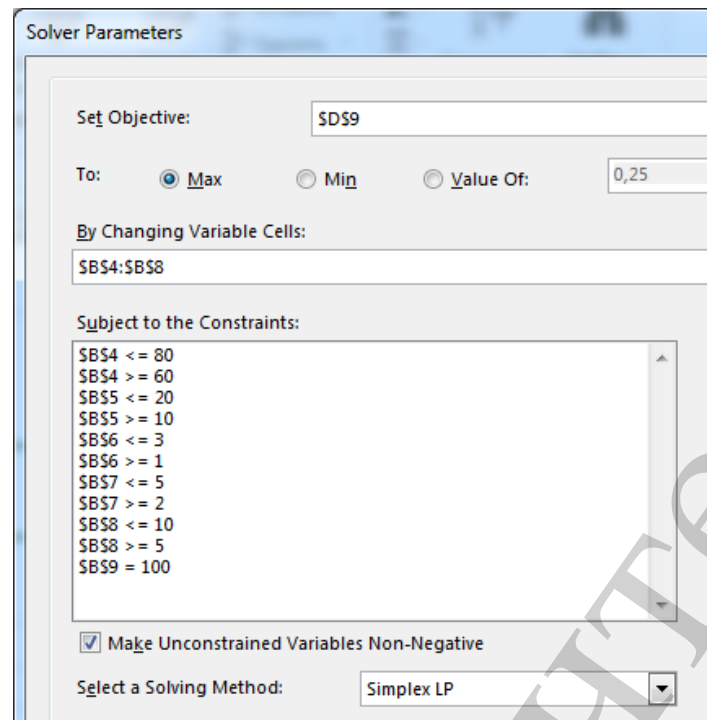
с) вибрати формат виведення рішення (у вікні "Результаты поиска решения").

Матриця планування оптимізації рецептури кукурудзяних паличок «Кукурудзянка +» наведено на рис. 1.

За розробленими композиціями було вироблено партії кукурудзяних паличок «Кукурудзянка» і «Кукурудзянка+» за технологічною схемою, представленою на рис. 2.

НЗ						
	A	B	C	D	E	F
1						
2	Кукурудзянка +					
3		вміст компонентів, г	вміст білка, г/100г	вміст білка в суміші, г	вміст вуглеводів, г/100 г	вміст вуглеводів, г
4	крупa з цукрової кукурудзи	80	22	=B4*C4/100	40	=E4*B4/100
5	крупa з голозерного ячменю	20	19,4	=B5*C5/100	0	=E5*B5/100
6	корінь солодки	1	0	=B6*C6/100	0	=E6*B6/100
7	морква бланшована	5	0,8	=B7*C7/100	1,3	=E7*B7/100
8	гідролізат колагену	5	70	=B8*C8/100	0	=E8*B8/100
9	Вихід готової страви,	100		=СУММ(D4:D7)		=СУММ(F4:F8)
10						

а



б

Рис. 1. Матриця планування та параметри рішення рецептури кукурудзяних паличок «Кукурудзянка+» (а – матриця планування рецептури, б – умови обмежень для планування рецептури)

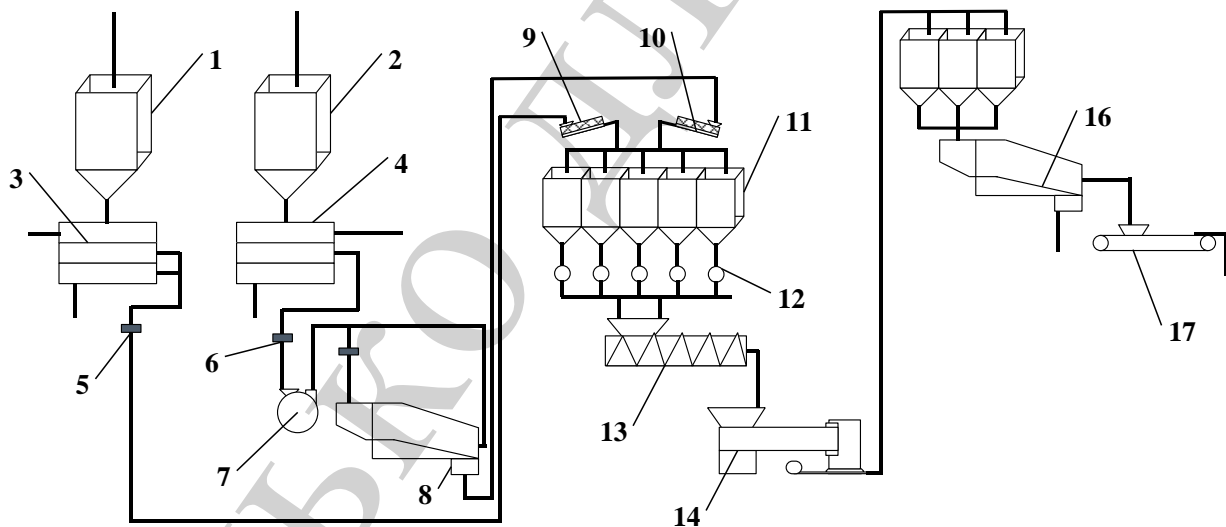


Рис. 2. Апаратурно-технологічна схема виробництва екструдатів з комбінованої круп'яної сировини: 1,2 – бункери; 3,4 – розсів; 5,6 – магнітна колонка; 7 – дробарка; 8 – просіювач; 9,10 – зволожувальна машина; 11 – бункери; 12 – дозатори; 13 – змішувач; 14 – екструдер; 15 – бункери; 16 – просіювач; 17 – транспортер

Запропонована схема виробництва екструдатів з комбінованої круп'яної сировини (рис. 2), включає наступні етапи:

- підготовку компонентів сировини (контроль);
- подрібнення крупи;

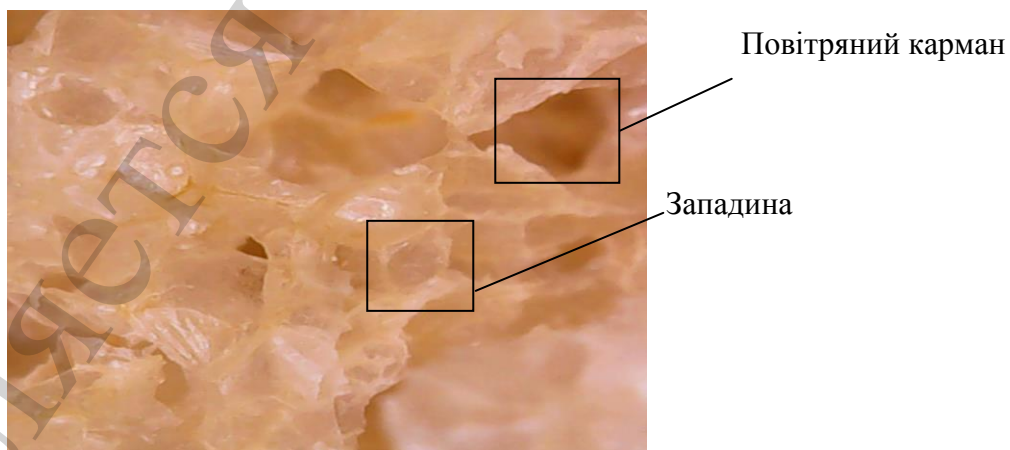
- зволоження і відволоження крупи;
- дозування і змішування крупи, а при необхідності внесення смакових компонентів;
- екструзію;
- охолодження і контроль екструдатів;
- фасування і упаковку.

5. 2. Визначення показників якості кукурудзяних паличок

Мікроструктуру отриманих кукурудзяних паличок (рис. 3) досліджували за допомогою електронного мікроскопа. Результати досліджень дають уявлення про пористість та структуру поверхні отриманого продукту.

Дослідження мікроструктури кукурудзяних паличок при збільшенні в 25 раз дозволило виявити фрагменти компонентів складових частин паличок у вигляді частинок розміром до 0,1 мм. Мікрорельєф паличок показав, що палички на розломі мають западини та гострі краї, що було забезпечено екструзією. На фото видно рівномірне розподілення всіх складових рецептури по всьому об'єму палички. Розміри пустот та структура мікрорельєфу підтверджує цілісність поверхні продукту та високу ступінь гомогенності (рис. 3).

Одним із фізико-хімічних показників сухих сніданків для зберігання та споживання є показник намокаємості. Для дослідження ступеню намокання було обрано показники рН, що відповідають рідким харчовим системам (фруктові, овочеві соки та молоко). Температура для дослідження коливалась від 10 до 25 °С з інтервалом 5 °С (рис. 4).



a

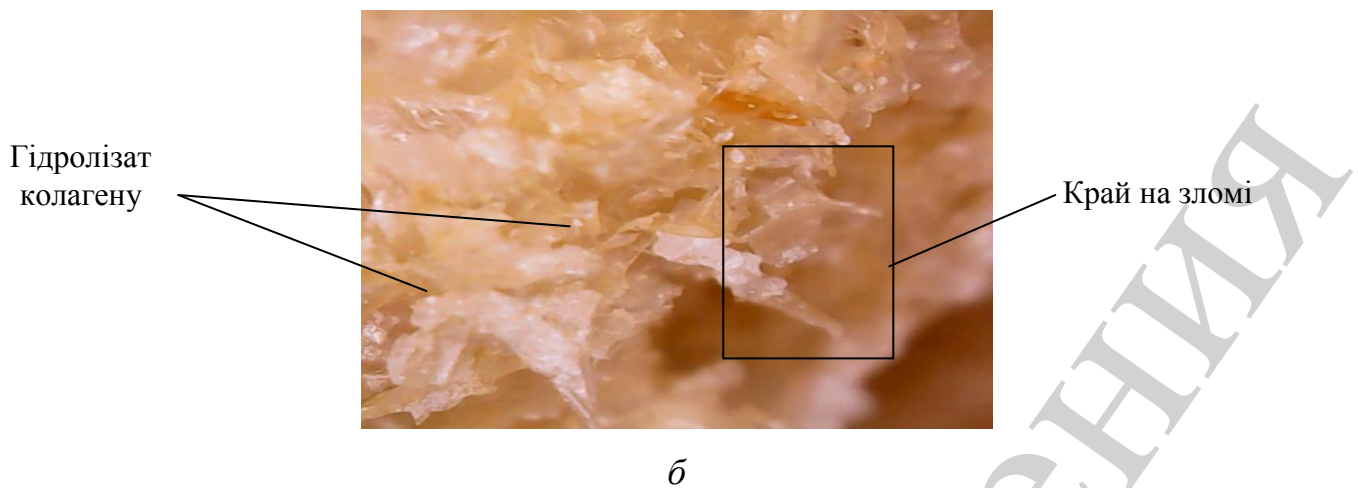


Рис. 3. Мікроструктура кукурудзяних паличок $\times 25$:
а – палички «Кукурудзянка», *б* – палички «Кукурудзянка+»

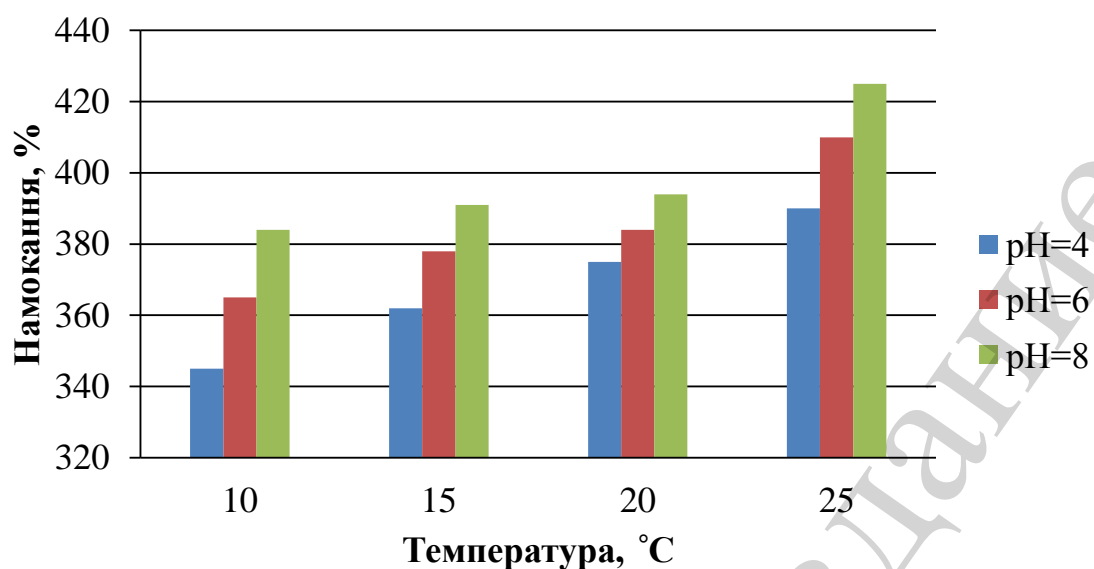
З отриманих даних (рис. 4) видно, що при збільшенні температури та рН середовища здатність до намокання розроблених паличок підвищується в середньому на 14...15 %. Порівнюючи здатність до намокання кукурудзяних паличок «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка+» видно, що «Кукурудзянка+» має цей показник дещо вищий. Це може бути пов'язано з додатковим введенням до рецептури гідролізату колагена, який здатен до зв'язування вологи в харчових системах.

Оцінку сенсорних показників отриманих продуктів наведено в табл. 2. Органолептичну оцінку проводили сенсорним методом за показниками, передбаченими стандартом ДСТУ 2781-98: зовнішній вигляд, консистенція, колір, запах, смак.

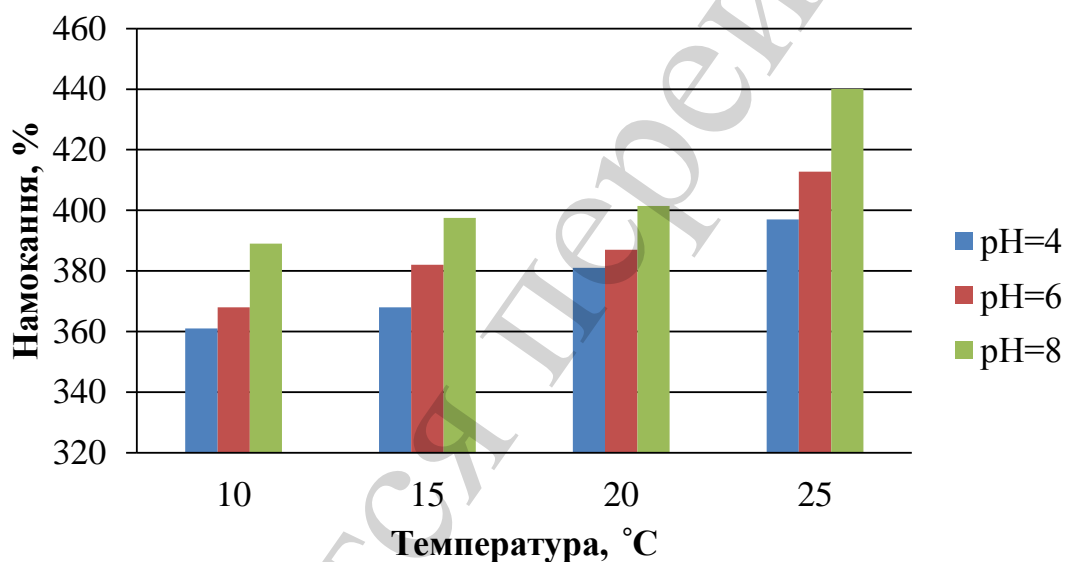
Органолептичну оцінку проводила дегустаційна комісія, в склад якої входив професорсько-викладацький склад кафедр, 15 осіб:

- технології ресторанного і оздоровчого харчування;
- технології переробки зерна;
- технології зберігання зерна;
- представники виробничо-навчального комбінату «Ресторан 112»

(Одеської національної академії харчових технологій).



a



б

Рис. 4. Визначення залежності намокаємості кукурудзяних паличок в залежності від технологічних параметрів виробництва:

a – палички «Кукурудзянка», *б* – палички «Кукурудзянка+»

Сенсорний аналіз показників представлено в табл. 2. Дані табл. 2 свідчать про досить приємний зовнішній вигляд, смак та колір.

Таблиця 2

Сенсорні показники кукурудзяних паличок (ГОСТ 15113.3)

Назва показника	«Кукурудзянка»	«Кукурудзянка+»
Зовнішній вигляд	Форма правильна, поверхня шорсткувата, без деформацій і надривів, вироби мають	Форма правильна, поверхня шорсткувата, без деформацій і надривів, вироби мають

	відповідні розміри, привабливий вигляд	відповідні розміри, привабливий вигляд
Консистенція	Часточки рослинної сировини рівномірно розподілені по всьому об'єму (вкраплення), палички сухі та крихкі, хрумка, ніжна	Часточки рослинної сировини рівномірно розподілені по всьому об'єму, палички сухі та крихкі, хрумка, ніжна
Колір	Світло-жовтий з помаранчевими та коричневими вкрапленнями	Світло-жовтий з помаранчевими та коричневими вкрапленнями
Запах	Чистий, кукурудзяний з тонким ароматом моркви, без сторонніх запахів. Приємний, яскраво виражений	Чистий, кукурудзяний з тонким ароматом моркви, без сторонніх запахів. Приємний, яскраво виражений
Смак	Солодкий, без сторонніх присмаків	Солодкий, без сторонніх присмаків
Структура	Хрумка, рівномірна, пориста та ніжна	Хрумка, рівномірна, пориста та ніжна

Наступним етапом дослідження було проведення дослідження нутрієнтного складу розроблених кукурудзяних паличок.

5.3. Аналіз нутрієнтного складу кукурудзяних паличок «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка+»

Результати, представлені в таблиці 3 свідчать, що розроблені продукти мають високий вміст білкових речовин, що є досить важливо з точки зору забезпечення потреб організму сучасної людини.

Таблиця 3

Макронутрієнтний склад кукурудзяних паличок (г/100 г)

Назва макронутрієнта	«Кукурудзянка»	«Кукурудзянка+»
Вологість	5,0	3,0
Білок	12,5	19,5
Жир	2,8	2,1
Вуглеводи	63,2	63,7
Зола	1,7	2,15

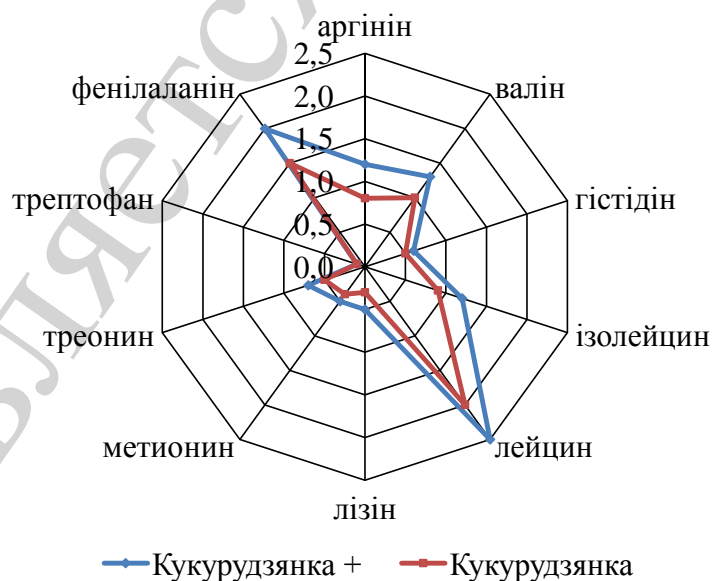
Слід відзначити, що розроблені продукти відрізняються досить високим вмістом всіх основних, необхідних для організму людини мікронутрієнтів, а саме кальцію, фосфору та калію (табл. 4).

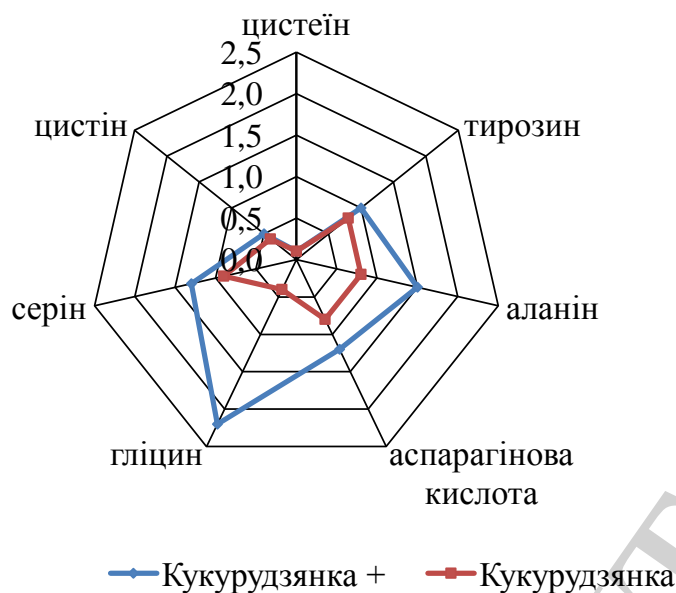
Таблиця 4

Ступінь задоволення добової потреби людини в основних вітамінах, % (при споживанні 100 г паличок)

Вітаміни	Добова потреба, мг	«Кукурудзянка»		«Кукурудзянка+»	
		Палички, в 100 г	Задоволеність від добової потреби, %	Палички, в 100 г	Задоволеність від добової потреби, %
A	0,1	0,08	76,62	0,08	80,00
B ₁	1,5	0,22	14,93	0,29	19,27
B ₂	1,8	0,25	13,82	0,28	15,31
B ₆	0,2	0,15	75,76	0,65	79,25
E	15	0,44	2,93	0,56	3,73
PP	20	4,78	23,90	5,475	27,38
C	80	0,61	0,77	0,65	0,81
Кальцій (Ca)	3000	314,74	10,5	392,63	13,1
Магній (Mg)	800	99,89	12,5	127,75	16,0
Фосфор (P)	400	255,32	63,8	297,95	74,5
Калій (K)	2500	181,97	7,3	212,38	8,5
Натрій (Na)	400	99,89	25,0	52,36	13,1
Залізо (Fe)	18	2,67	14,8	3,48	19,3

Оскільки готові кукурудзяні палички містять білок, необхідним стало проведення аналізу амінокислотного складу. Результати досліджень (рис. 5) показали, що в білковій складовій містяться дев'ятнадцять амінокислот, в тому числі всі незамінні рис. 5.





б

Рис. 5. Вміст амінокислот у готовому продукті, г/100 г:
а – вміст незамінних амінокислот; б – вміст замінних амінокислот

Дослідження біологічної цінності кукурудзяних паличок вивчали за розрахунком амінокислотного скору, що наведено на рис. 6.

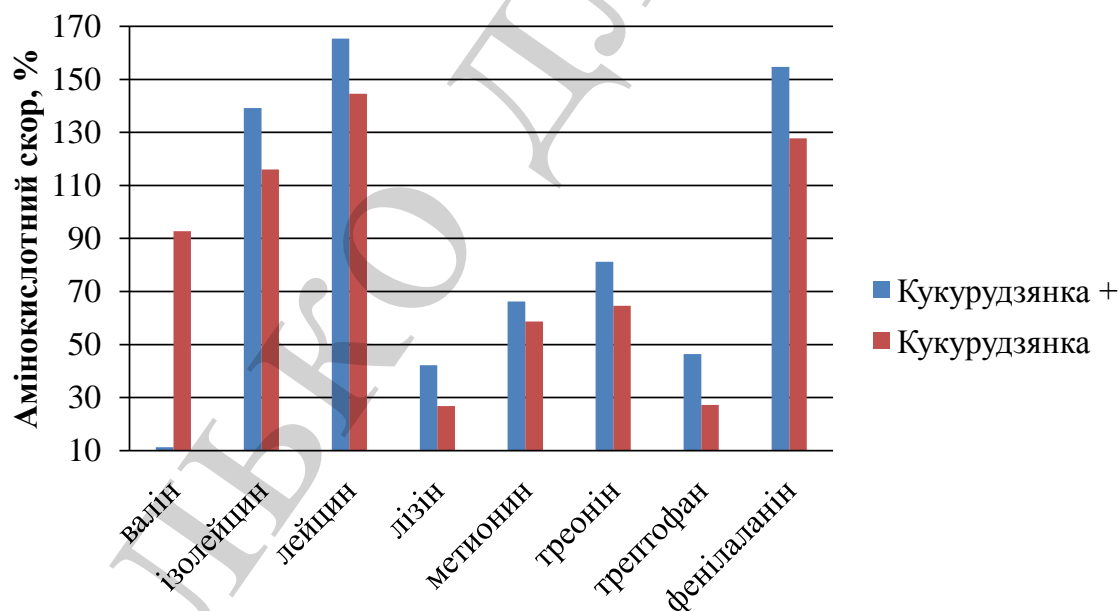


Рис. 6. Амінокислотний скор розроблених кукурудзяних паличок

Добова потреба організму в незамінних амінокислотах за рахунок споживання 100 г паличок наведена в табл. 5. Споживання 100 г паличок забезпечить організм людини незамінними амінокислотами в загальному майже на 24,1 %.

Таблиця 5

Ступінь задоволення добової потреби в амінокислотах, % (при споживанні 100 г паличок)

Аміно-кислота	Добова потреба в г	«Кукурудзянка»		«Кукурудзянка +»	
		Вміст, г/1 порцію	Задоволеність, %	Вміст, г/1 порцію	Задоволеність, %
валін	3	1,0	33,09	1,3	44,37
ізолейцин	3	0,9	30,67	1,2	40,86
лейцин	5	2,0	40,14	2,5	50,5
лізін	4	0,3	7,307	0,5	11,6
метионин	3	0,4	13,58	0,5	17,92
треонин	2	0,5	25,63	0,7	36,06
трептофан	2	0,1	2,7	0,1	2,82
фенілаланін	3	1,5	50,7	2,0	66,37
аргінін	6	0,8	13,17	1,2	19,83
гістидін	2	0,5	23,94	0,6	30,09

Біологічна цінність білків визначається не тільки їх амінокислотним складом, а й ступенем перетравлювальності. Інтенсивність процесу розщеплення білків в травному тракті людини залежить від активності протеолітичних ферментів та біологічній формі білкових складових продукту.

Під час дослідження (рис. 7) визначали ступінь перетравлюваності білкових речовин розроблених кукурудзяних паличок.

Ступінь перетравлюваності білкових речовин продуктів оцінювали за інтенсивністю їх гідролізу ферментами пепсином та трипсином в умовах *in vitro*. Аналіз кінетики процесу ферментативного гідролізу досліджуваних кукурудзяних паличок показав, що гідроліз відбувається практично з постійною швидкістю.

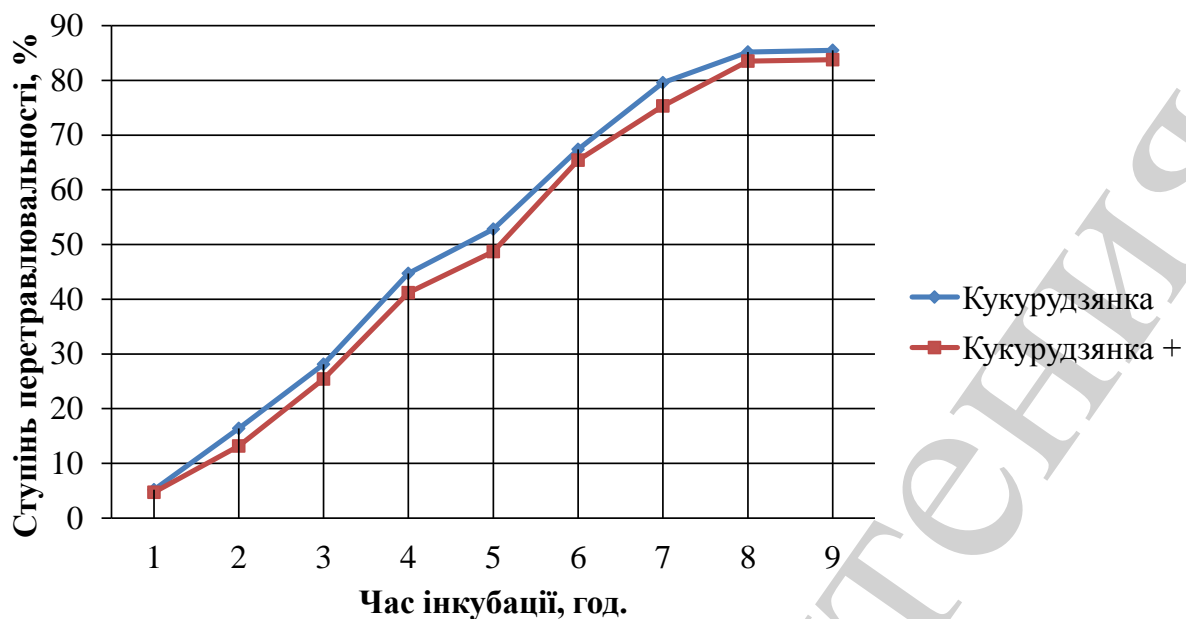


Рис. 7. Кінетика перетравлювання білків кукурудзяних паличок у системі «пепсин-трипсин» (*in vitro*)

Неповний ступінь перетравлюваності білкових складових розроблених кукурудзяних паличок пов'язаний із високим вмістом харчових волокон рослинної сировини, а також наявністю глютену, який призводить до погіршення перистальтики кишечника. Дослідженнями *in vitro* встановлено, що розроблені продукти мають досить високу ступінь засвоюваності. Це зумовлено тим, що у складі білків кукурудзи та голозерного ячменю більша кількість легкозасвоюваних альбумінової та глобулінової фракцій.

5. 4. Дослідження зміни показників якості під час зберігання

Дослідження якісного та кількісного складу мікробіоти кукурудзяних паличок «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка +» з рослинними добавками при їх зберіганні для встановлення його безпечних термінів зберігання проводили за наявністю санітарно-показових мікроорганізмів (табл. 5).

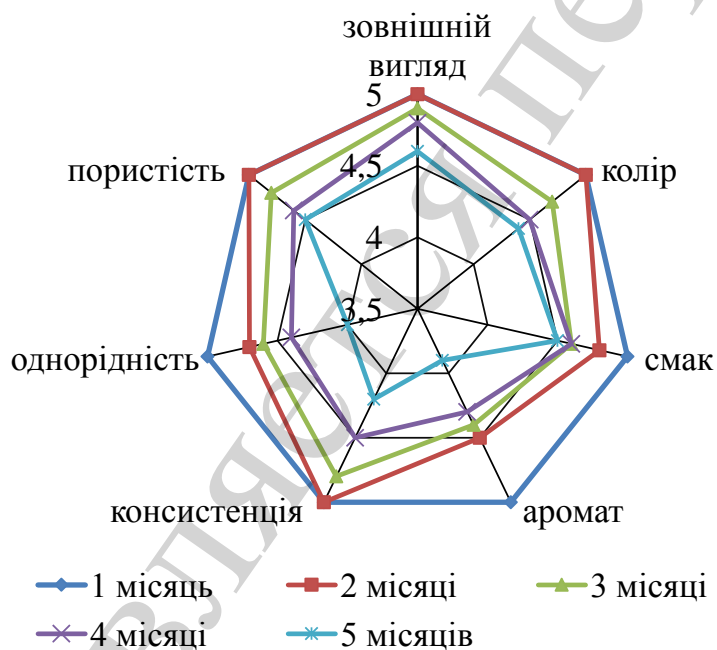
Крім цього був проведений аналіз отриманих продуктів на наявність мікотоксинів (афлатоксини В1, зеараленон, дезоксиніваленон) за допомогою тест-системи Veratox. У всіх досліджуваних зразках показники вмісту афлатоксинів, зеараленону, ДОН (дезоксиніваленолу) не перевищували допустимих меж.

Динаміка зміни органолептичних показників в баловій системі наведено на рис. 8. Інтервали змін значень органолептичних показників призначали рівним від 0 до 5 балів: 0–1 – дуже погана якість, 1–2 – погана якість; 2–3 – середня якість; 3–4 – гарна якість; 4–5 – відмінна якість.

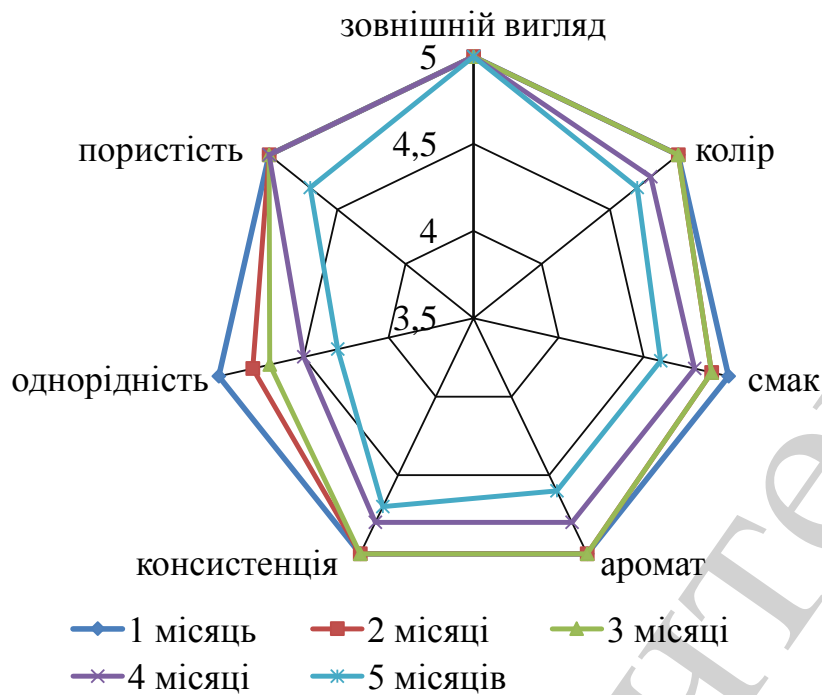
Таблиця 5

Динаміка змін фізико-хімічних та мікробіологічних показників кукурудзяних паличок при зберіганні в поліетиленовій упаковці

Найменування показників	Характеристика показників після закінчення технологічного циклу	Тривалість зберігання, міс.				
		1	2	3	4	5
БГКП у 1 г	Не виявлено	Не виявлено				
Коагулазопозитивний стафілокок	Не виявлено	Не виявлено				
Патогенні мікроорганізми, в тому числі <i>Salmonella</i>	Не виявлено	Не виявлено				
МАіФАМ, КОУ в 1 г, не більш ніж	$2,1 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$	$2,9 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$
Плісняві гриби в 1 г, не більш ніж	$2,1 \cdot 10^1$	$2,4 \cdot 10^1$	$2,7 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	$3,1 \cdot 10^1$	$3,2 \cdot 10^1$



а



б

Рис. 8. Динаміка змін сенсорних показників кукурудзяних паличок під час зберігання: *а* – палички «Кукурудзянка», *б* – палички «Кукурудзянка+»

Таким чином, на підставі зроблених досліджень можна рекомендувати термін зберігання – 6 місяців при температурі $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$, вологості не більше 75 % у поліпропіленовій упаковці.

6. Обговорення результатів визначення показників якості кукурудзяних паличок «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка+»

Оскільки при виробництві кукурудзяних паличок використовують екструдер, то харчова система спучується з утворенням пористої структури. На розломі кукурудзяних паличок «Кукурудзянка» (рис. 3, *а*) видно, що повітряні кармани великі та мають округлу форму, краї продукту гострі. Із введенням до складу кукурудзяних паличок гідролізату колагена, мікроструктура дещо змінюється. Так, при розломі паличок «Кукурудзянка+» (рис. 3, *б*) повітряні кармани невеликі, при розломі края мають гостру форму, чітко видні часточки гідролізату колагена. Середній розмір повітряних карманів «Кукурудзянки» становить 0,2–0,6 мм, а «Кукурудзянки+» – 0,06–0,2 мм. Проте у «Кукурудзянки» розмір 65 % повітряних карманів коливається від 0,5–0,6 мм, а у «Кукурудзянки+» розмір 78 % повітряних карманів знаходиться в діапазоні 0,15–0,2 мм.

Дослідження показника намокання показало, що при збільшенні температури та рН середовища вона збільшується. Так, в «Кукурудзянки» при збільшенні температури при рН=4,0 намокання збільшується на 13 %, при рН=6,0 – на 12,3 %, а при рН=8 – на 10,7 %. Аналогічна тенденція спостерігається і при набуханні кукурудзяних паличок «Кукурудзянка+»: при

pH=4,0 намокаємість при збільшенні температури з 10 °C до 25 °C збільшується на 9,97 %, при pH=6,0 – на 12,2 %, при pH=8,0 – на 13,1 %. Однак порівнюючи динаміки намокання обох видів паличок видно, що швидкість поглинання води паличками з введенням до рецептури гідролізату колагена зменшується. Це пояснюється тим, що гідролізат колагену здатен сорбувати молекули води, а при збільшенні температури утворювати гелеву структуру.

Дослідження складу мікронутрієнтів (табл. 4) показало, що споживання 100 г паличок «Кукурудзянка» задовольняє потреби людини в вітамінах А та В₆ на 76,62 та 75,76 % відповідно, а «Кукурудзянка+» на 80 та 79,25 %.

Отримані дані показали, що першою лімітуючою амінокислотою є лізін для «Кукурудзянки» (АК скор.=26,79 %), а для «Кукурудзянки+» триптофан (АК скор.=26,17 %). При чому, амінокислотний скор лізину в кукурудзяних паличках «Кукурудзянка+» збільшився на 46 % порівняно з «Кукурудзянкою», за рахунок введення до їх складу гідролізату колагена.

Перевагою розроблених екструдатів є високий вміст білку з високим ступенем засвоюваності. Як видно з рис. 7, ступінь перетравності білка усіх дослідних зразків за час ферментативного впливу становить 85,2 та 83,5 % відповідно для «Кукурудзянки» та «Кукурудзянки+» через 8 годин інкубування. Подальше інкубування показало незначний ріст перетравлюваності. Так, за 9 годин інкубування, перетравлюваність «Кукурудзянки» та «Кукурудзянки+» збільшилось лише на 0,35 та 0,36 % відповідно порівняно з показниками перетравлюваності за 8 годин. Дещо повільніше перетравлення кукурудзяних паличок «Кукурудзянка+» порівняно із «Кукурудзянкою», що обумовлено введенням до їх складу гідролізату колагена і складає близько 2 %.

Результати, наведені в табл. 5, дозволяють встановити, що при тривалому зберіганні товарних зразків екструдованих зернових продуктів з включенням рослинних добавок в різних температурно-вологісних умовах у міру подовження терміну зберігання знижується число бактерій. Абсолютна кількість спороутворюючих бактерій в досліджуваних зразках, що зберігалися в синтетичній упаковці, залишалося на одному рівні, а відносний вміст їх у сумарній бактеріальній флорі підвищувався. За умов зберігання кукурудзяних паличок в поліпропіленовій упаковці протягом 6 місяців сумарний сенсорний показник зменшується приблизно на 30 %.

Розроблена композиція може бути реалізована у виробничих умовах підприємств зернопереробного господарства. Для впровадження розробки в реальні умови необхідно провести економічні розрахунки з визначенням комерційної ціни, включаючи матеріальні витрати на рекламні заходи, а також провести визначення конкурентоздатності розроблених екструдатів.

7. Висновки

1. Розроблено рецептури екструдованих продуктів на основі зерна цукрової кукурудзи. Проведено оптимізацію рецептур екструдатів за допомогою табличного процесору Solver (MS Excel 2010), встановлено оптимальний вміст всіх складових. Що дало можливість отримати вироби збалансовані за біологічною

цінністю та покращеними споживними властивостями, а саме кукурудзяні палички «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка +».

2. Досліджено хімічний склад розроблених кукурудзяних паличок. Доведено збалансованість за вмістом основних нутрієнтів. Встановлено, що вміст білка в розроблених екструдатах «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка +» становить 12,5 і 19,5 г/100 г відповідно. Вміст вуглеводів розроблених продуктів становить 63,2 та 63,7 г/100 г «Кукурудзянки» та «Кукурудзянки +» відповідно. Такі показники пояснюються тим, що при виробництві кукурудзяних паличок виробники використовують нанесення добавок за допомогою спеціального апарату (дражиратора) в якому використовується олія для нанесення смакових добавок чи цукрової пудри. В розроблених екструдатах всі використовувані добавки рослинного та тваринного походження додаються на етапі змішування компонентів (перед екструдуванням), що дає можливість не використовувати рослинну олію, яка при тривалому зберіганні здатна до прогоркання. Розроблені екструдовані продукти мають достатній вміст мікронутрієнтів та макро-нутрієнтів. Споживання 100 г розроблених кукурудзяних паличок забезпечить організм незамінними амінокислотами майже на 24,1 %. Розроблені екструдати «Кукурудзянка» та «Кукурудзянка +» задовільняють потребу людини у вітаміні А на 76,62 та 80 % відповідно, а вітаміні В₆ на 75,76 % та 79,25 %.

3. Дослідження мікроструктури кукурудзяних екструдатів виявило фрагменти компонентів складових частин паличок у вигляді часток розміром до 0,1 мм. Мікрорельєф паличок показав, що палички на розломі мають западини та гострі краї, що було забезпечено екструзією. Проведене дослідження щодо здатності отриманих продуктів до намокання показало, що при збільшенні температури та рН середовища здатність до намокання розроблених паличок підвищується в середньому на 14...15 %. Ступінь засвоюваності розроблених кукурудзяних паличок становить близько 85 %.

4. На основі проведених мікробіологічних досліджень встановлено, що при зберіганні розроблених екструдатів в нерегульованих умовах, дані продукти мають досить непогані кількісні та якісні показники (табл. 2, 5). Рекомендований термін зберігання 6 місяців при температурі повітря (18±2)° та відносній вологості не більше 75 %.

Література

1. Тележенко Л. М., Кушнір Н. А., Тодорова М. М. Моделювання раціонального харчування // Обладнання та технології харчових виробництв. 2013. Вип. 30. С. 306–311.
2. Шарабчиев Ю. Т. Общественное здоровье нации и индивидуальное здоровье личности // Международные обзоры: клиническая практика и здоровье. 2015. № 3. С. 88–107.
3. Технологія продуктів харчування функціонального призначення: моногр. / Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Федорова Д. В. та ін. К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. 718 с.
4. Здорове харчування: практичні рекомендації: монографія / Тележенко Л. М., Дзюба Н. А., Кашкано М. А. Херсон: Олді-плюс, 2018. 200 с.

5. Цимбаліста Н. В., Давиденко Н. В. Стан фактичного харчування населення та аліментарно обумовлена захворюваність // Проблеми харчування. 2008. № 1-2. С. 32–35.
6. Спиричев В. Б. Витамини, вигаминоподобные и минеральные вещества: справочник. М.: МЦФЗР, 2004. 230 с.
7. Brownstein M. J., Khodursky A. Functional Genomics. Human Press, 2003. doi: <https://doi.org/10.1385/159259364x>
8. Пересічний М. І., Кравченко М. Ф., Федорова Д. В. Технологія та якість борошняних кондитерських виробів для харчування хворих на цукровий діабет // Обладнання та технології харчових виробництв. 2003. Вип. 9. С. 228–233.
9. Roberfroid M. Functional Food to Functional Food Science / M. Roberfroid // Abstr. of Lectures and Posters of 9 World Congr. of Food Science and Technology. Vol. 1. Budapest, 1995. P. 16.
10. Fredert K. New insights into food and health // Food technology. 2010. Issue 5. P. 44–49.
11. Mazza G. Functional Foods: Biochemical and Processing Aspects. CRC Press, 1998. doi: <https://doi.org/10.1201/9781482278736>
12. Nuts L. M., Marco R. Functional Food having positive effects in the prevention of cardiovascular diseases: Pat. No. ES 200502963. No. EP 1958522A2; declared: 30.11.2006; published: 20.08.2008.
13. Functional foods. Reflexions of a scientist regarding a market in expansion / Monge A., Cardozo T., Barriero E. et al. // Revista CENIC Ciencias Químicas. 2008. Vol. 39, Issue 2. P. 81–93.
14. Пищевая химия / Нечаев А. Г., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А. и др.; ред. А. П. Нечаев. СПб.: ГИОРД, 2007. 640 с.
15. Способ производства экструдированных зерновых палочек: Пат. № 2258373 RF. МПК7 А 23 Р 1/12 / Остриков А. Н., Василенко В. Н., Рудометкин А. С. и др. № 2004109744/13; заявл. 30.03.2004, опубл. 20.08.2005, Бюл. № 23.
16. Спосіб для виробництва сухих сніданків: Пат. № 23846 UA / Ковбаса В. М., Дорохович А. М., Араніна І. Л. та ін. № 97063289; заявл. 27.06.1997; опубл. 16.06.1998, Бюл. № 4.
17. Offiah V., Kontogiorgos V., Falade K. O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2018. P. 1–20. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007>
18. Extrusion and Extruded Products: Changes in Quality Attributes as Affected by Extrusion Process Parameters: A Review / Alam M. S., Kaur J., Khaira H., Gupta K. // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016. Vol. 56, Issue 3. P. 445–473. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.779568>
19. Effect of Extrusion on the Antioxidant Capacity and Color Attributes of Expanded Extrudates Prepared from Purple Potato and Yellow Pea Flour Mixes / Nayak B., Berrios J. D. J., Powers J. R., Tang J. // Journal of Food Science. 2011. Vol. 76, Issue 6. P. C874–C883. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02279.x>

20. Changes in functional properties and in vitro bioaccessibilities of β -carotene and lutein after extrusion processing / Ortak M., Caltinoglu C., Sensoy I., Karakaya S., Mert B. // *Journal of Food Science and Technology*. 2017. Vol. 54, Issue 11. P. 3543–3551. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2812-4>
21. Мардар М. Р., Валевська Л. О., Агунова Л. В. Використання м'ясних компонентів для збагачення екструдованих зернових продуктів // *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2009. Вип. 23. С. 99–103.
22. Касьянов Г. И., Грицких В. А., Григоренко О. Н. Технология рыборастительных крипсов. Углич: РАСХН, 1996. 243 с.
23. Бузнашвиди П. Ш., Устинников В. Д., Степанов В. Н. Экструдированные продукты // *Пищевая промышленность*. 1990. № 2. С. 41.
24. Wiancki M. Technologia ekstrudowanych produktów zbożowych z dodatkiem białek zwierzęcych i roślinnych // *Praca habilitacyjna. Akademia Rolnicza w Szczecinie*. 2007. P. 98–109.
25. Froeth B. R., Funk D. F., Strehlow D. K. Layered cereal bars and their methods of manufacture: Pat. No. US7431955B2. No. 10/318,441; declared: 12.12.2002; published: 07.10.2008.
26. Касьянов Г. И., Бурцев А. В., Грицких В. А. Технологий производства сухих завтраков. Ростов-на-Дону: «Издательский центр Март», 2002. 96 с.
27. Ковбаса В. М., Дорохович А. М., Хіврич Б. І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. К.: УкрИНТЭИ, 1995. 61 с.
28. Возможности производства нового экструдированного продукта / Верболоз Е. И., Пальчиков Н. А., Аксенова О. И., Николаева О. В. // *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств*. 2015. № 2. С. 140–154.
29. Кушнір Н. А., Тележенко Л. М. Спосіб одержання колагенового препарату: Пат. № 79357 UA. № u201209751; заявл. 13.08.2012; опубл. 25.04.2013, Бюл. № 8.
30. Development of recipes and estimation of the nutrient composition of cardio-protective fresh-mixes / Dzyuba N., Telezhenko L., Kashkano M., Vikul S., Priss O., Zhukova V. et. al. // *EUREKA: Life Sciences*. 2018. Issue 1. P. 46–53. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2018.00548>
31. Основи наукових досліджень: навч. пос. / Тележенко Л. М., Дзюба Н. А., Кашкано М. А., Валевська Л. О. Херсон: Гринь Д. С., 2016. 192 с.
32. Dzyuba N., Bunyak O., Bilenka I. Development of the recipe of corn sticks based on sugar corn grain and determination of their quality parameters // *EUREKA: Life Sciences*. 2019. Issue 3. P. 35–40. doi: <http://doi.org/10.21303/2504-5695.2019.00918>